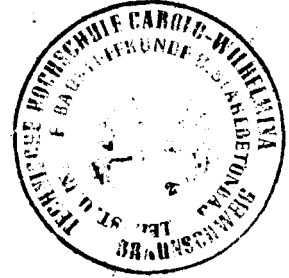


*Schalltechnische Untersuchungen
in der Wohnanlage Köln-Höhenberg
der GAG-Köln*

Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung
der Technischen Hochschule Braunschweig



Schalltechnische Untersuchungen
in der Wohnanlage Köln - Höhenberg der GAG Köln

Teil I : Luft- und Trittschallmessungen an
Wänden und Decken

Teil II : Körperschallmessungen

Verfasser :

o. Professor Dr.-Ing. habil. Th. Kristen

Dipl.-Phys. H. Brandt

Dipl.-Phys. H. W. Müller

Januar 1954

Die Untersuchungen wurden durchgeführt im Auftrage des
Herrn Bundesministers für Wohnungsbau, Forschungsauftrag
II-4112, Nr. 118

JK 699.844.001.5

Inhaltsübersicht

	Seite
Einleitung : Umfang und Zweck der Untersuchungen	1
Teil I : Luft- und Trittschallmessungen an Wänden und Decken	2
1. Beschreibung der untersuchten Bauteile	2
1.1 Wände	2
1.2 Rohdecken	4
1.3 Wohnfertige Decken	4
2. Beschreibung der Meßverfahren	6
2.1 Luftschalldämmung	6
2.2 Trittschalldämmung	6
3. Verfahren zur Bewertung der Meßergebnisse	7
3.1 Sollkurven	7
3.2 Schallschutzmaße	7
4. Meßergebnisse	8
5. Beurteilung der Meßergebnisse	13
5.1 Wände	13
5.2 Rohdecken	13
5.3 Wohnfertige Decken	14
6. Verbesserung der Trittschalldämmung durch Fußböden	14
Teil II : Körperschallmessungen	15
7. Angewandte Meßgeräte und Meßverfahren	15
8. Vergleich des Körperschallpegels an verschiedenen Bauteilen	17
8.1 Einfluß der Wandbaustoffe	17
8.2 Einfluß der Wanddicken	20
9. Wirkung von konstruktiven Maßnahmen auf die Körperschallfortleitung	21
10. Zusammenfassung	23
11. Anlagen (Abbildungen 1 bis 13)	

Einleitung:

Umfang und Zweck der Untersuchungen

Im Auftrage des Herrn Bundesministers für Wohnungsbau wurden in der Wohnanlage Köln-Höhenberg der Gemeinnützigen A.G. für Wohnungsbau, Köln, in der Zeit vom August bis Oktober 1953 schalltechnische Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Trittschall- und Luftschalldämmungsmessungen an Decken und Wänden werden im Teil I dieses Berichtes mitgeteilt. Teil II enthält die Angaben über die Messungen der Körperschall-Ausbreitung, die nach einem im Institut weiterentwickelten Verfahren durchgeführt wurden.

Die Wohnanlage Köln-Höhenberg besteht aus 3- bzw. 4-geschossigen Zweispännern, die in Zeilen zu 3 bis 10 Häusern zusammengefaßt sind. Der Lageplan der Siedlung ist in Abb. 1 angegeben, und die einheitlichen Wohnungsgrundrisse sind aus Abb. 2 ersichtlich. Die Außenwände der Häuser waren aus Ytong-Wandbausteinen 24 cm dick aufgebaut, die Decken als 14 cm dicke Stahlbetonplatten ausgebildet. Die Innenwände wurden aus folgenden Baustoffen errichtet: 17,5 bis 24 cm Gitterziegel, 24 cm Ytong-Wandbausteine und 14 cm Schwerbeton, beiderseits mit 5 cm Ytong-Wandbauplatten verkleidet. - Die Messungen wurden nur in den rückwärtigen, mit "Elternzimmer" und "Kinderzimmer" bezeichneten Räumen durchgeführt.

Gleiche Rohdecken wurden im Zusammenhang mit verschiedenen Innenwandbauarten untersucht, um die Abhängigkeit der Luft- und Trittschalldämmung von den Wandbaustoffen festzustellen. Auf den Rohdecken waren bei der zweiten Messung Fußböden verlegt und zwar: Holzfußböden mit Dämmstoffen unter den Lagerhölzern, verschiedenen Hohlraum-Füllungen, sowie schwimmende Gipsestriche auf Sandschüttung oder Glaswolle-matten. Diese wohnfertigen Decken wurden auf ihren Schallschutz geprüft und die Trittschallminderung durch die Fußböden gegenüber der Rohdecke festgestellt. Bei Wohnungstrennwänden wurde die Luftschalldämmung geprüft.

Teil I : Luft- und Trittschallmessungen an Wänden und Decken

1. Beschreibung der untersuchten Bauteile

1.1 Wände

Folgende Wohnungstrennwände wurden geprüft:

Wand A:

24 cm dick aus Gitterziegel, Trocken-Raumgewicht ca. 1400 kg/m³, Fugenmörtel: Kalkzementmörtel, Putz: Kalkmörtel, beiderseits je 1,5 cm dick.

Gewicht der Wand:

24 cm Gitterziegel, einschl. Fugenmörtel	350 kg/m ²
2 x 1,5 cm dicker Putz	50 kg/m ²
	<hr/>
Gesamtgewicht :	400 kg/m ²

Wand B:

14 cm dicker Kiesbeton B 225, geschüttet zwischen zwei 5 cm dicken Ytong-Wandbauplatten, die als verlorene Schalung dienten, außen beiderseits je 1,5 cm Kalkmörtel.

Gewicht der Wand:

14 cm B 225	308 kg/m ²
2 x 5 cm Ytongplatten	88 kg/m ²
2 x 1,5 cm dicker Putz	50 kg/m ²
	<hr/>
Gesamtgewicht :	446 kg/m ²

Wand C:

24 cm dicke Wand aus Ytong-Wandbausteinen, 49,0 x 24,0 x 24,0 cm, Trocken-Raumgewicht 730 kg/m³, Feuchtigkeitsgehalt rd. 20 %.

Fugenmörtel: Kalkzementmörtel, Putz: Kalkmörtel, beiderseits je 1,5 cm dick .

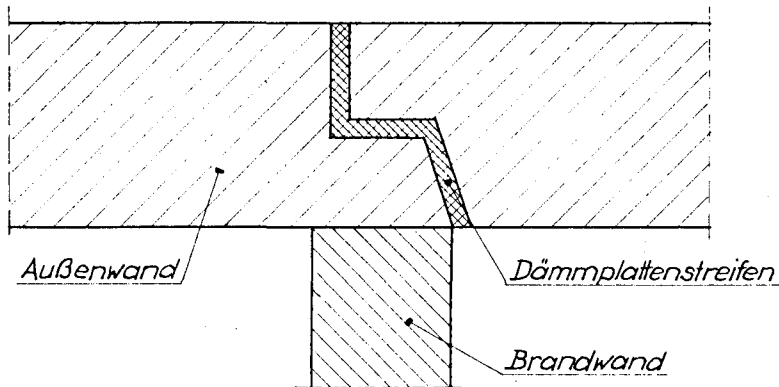
Gewicht der Wand:

24 cm Ytong, einschl. Fugenmörtel	225 kg/m ²
2 x 1,5 cm Putz	50 kg/m ²
	<hr/>
Gesamtgewicht :	275 kg/m ²

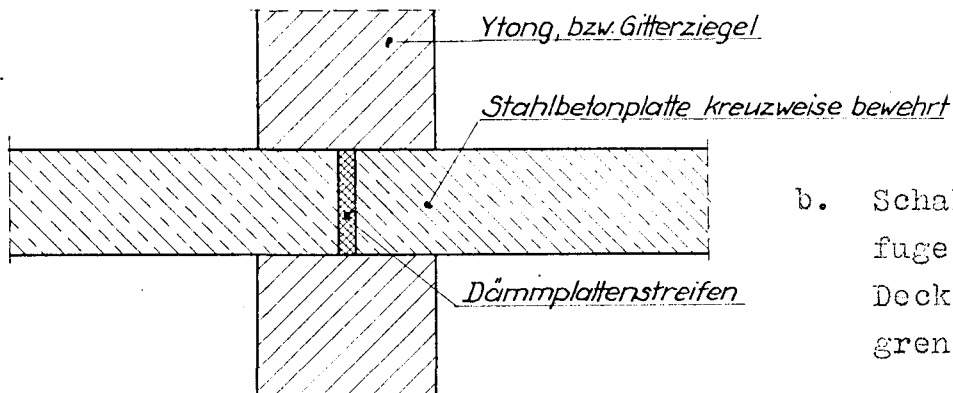
Wand D:

24 cm dicke Wand aus Ytong-Wandbausteinen (wie Wand C).

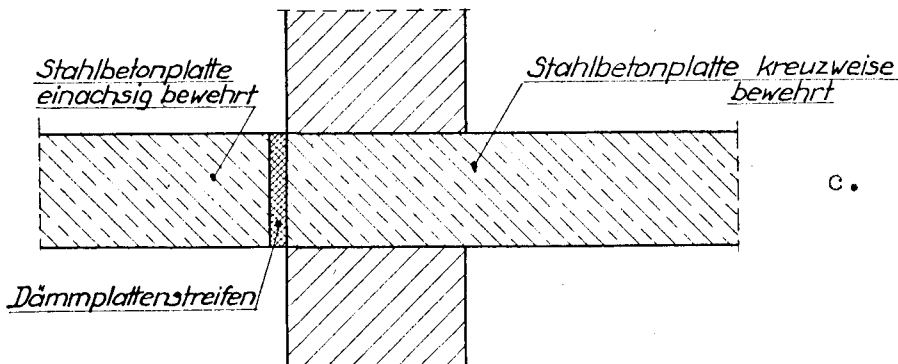
Die Messung erfolgte zwischen den Häusern 14 und 15, durch deren Längswände und Decken eine Dehnungsfuge ging, sodaß die "Nebenweg"-Schallübertragung (Körperschall-Längsleitung) nicht zur Auswirkung kam. (Siehe Skizze).



a. Dehnungsfuge
von Wänden



b. Schallisolierungs-
fuge zwischen allen
Decken an Hausbe-
grenzungswänden



c. Dehnungsfuge
von Decken

1.2 Rohdecken

Decken F₁, F₂, F₃

Alle Decken hatten eine mit Baustahlgewebe bewehrte 14 cm dicke Stahlbetonplatte mit: B 225. Als Deckenputz wurde auf einen Zementvorwurf ein 1,5 cm dicker Kalkgipsmörtel aufgebracht.

Gewichte der Decke:

14 cm Stahlbetonplatte	336 kg/m ²
1,5 cm Putz	25 kg/m ²
	<hr/>
Gesamtgewicht :	361 kg/m ²

Diese Rohdecken wurden auf verschiedenen Wandarten aufliegend untersucht. Die Außenwände bestanden stets aus Ytong-Wandbausteinen 24 cm dick, die Zwischenwände zwischen "Elternzimmer" und "Kinderzimmer" aus dem gleichen Baustoff, jedoch nur 12 cm dick. Der Aufbau der übrigen Wände geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Rohdecke	Wohnungstrennwand und Treppenhauswände	Mittelwand (ohne Treppenhaus-Teil)	Haus-Nr.
F ₁	Wandbaustein Ytong, 24 cm dick	Ytong, 24 cm dick	14
F ₂	Gitterziegel, 24 cm dick	Gitterziegel, 17,5 cm dick	6
F ₃	14 cm dicker B 225 mit 2x5 cm Ytong-Platten verkleidet.	14 cm dicker B 225 mit 2x5 cm Ytong-Platten verkleidet	24 (Erdg. u. 1.Oberg.)

1.3 Wohnfertige Decken

Decke G₁: (Rohdecke F₁ im Haus Nr. 14)

Fußbodenausführung: 2,2 cm Hobeldielen, auf Lagerhölzern 4,0 x 4,0 cm verlegt. Unter den Lagerhölzern: 6 mm dicke Mineralwolleplatten ("Isola"). Im Hohlraum zwischen den Lagerhölzern: Mineralwolleplatten mit 2,5 kg/m² Gewicht.

Gewicht der Decke: (siehe auf dem folgenden Blatt)

Gewicht der Decke:

Holzfußboden	16,0 kg/m ²
Mineralwolle	2,5 kg/m ²
Rohdecke, verputzt	361,0 kg/m ²
<hr/>	
Gesamtgewicht :	380,0 kg/m ²

Decke G₃: (Rohdecke F₃ im Haus Nr. 24)

Fußbodenausführung wie bei Decke G₁.

Decke H₁: (Rohdecke F₁ im Haus Nr. 5)

Fußbodenausführung: 2,2 cm Hobeldielen, auf Lagerhölzern 4,0 x 4,0 cm verlegt. Unter den Lagerhölzern: 6 mm dicke Mineralwolleplatten ("Isola"). Im Hohlraum zwischen den Lagerhölzern: Koksasche-Füllung.

Gewichte

Holzfußboden	16 kg/m ²
Koksasche	28 kg/m ²
Rohdecke, verputzt	361 kg/m ²
<hr/>	
Gesamtgewicht :	405 kg/m ²

Decke H₂: (Rohdecke F₂ im Haus Nr. 6)

Fußbodenausführung wie bei Decke H₁.

Decke I₁: (Rohdecke F₁ im Haus Nr. 12)

Fußbodenausführung: Auf die Rohdecke waren 1,5 cm dicke auf Papier gesteppte Glaswolleplatten verlegt. Darauf ist eine 3,5 cm dicke Sandschüttung ausgebreitet, über die ein 4,0 cm dicker Gipsestrich mit 0,5 cm Glattstrich verlegt wurde.

Gewichte:

0,5 cm Gips-Glattstrich	8 kg/m ²
4,0 cm Gipsestrich	64 kg/m ²
3,5 cm Sandschüttung	56 kg/m ²
1,5 cm Glaswolleplatten (auf Papier gesteppt)	2 kg/m ²
Rohdecke, verputzt	361 kg/m ²
<hr/>	
Gesamtgewicht :	491 kg/m ²

2. Beschreibung der Meßverfahren

2.1 Luftschalldämmung

Die Luftschalldämmung der Wände und Decken wurde nach den Bestimmungen von DIN 52210¹⁾ gemessen. Zwei Lautsprecher strahlten einen gleitenden Heulton im Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3200 Hz ab. Die Heulfrequenz betrug 8 Hz, die Heulbreite ± 40 Hz. Mit einem Pegelschreiber wurde der Schallpegel in dem Senderraum, in dem die Lautsprecher stehen, und in dem davon durch die zu untersuchende Wand oder Decke getrennten Empfangsraum aufgezeichnet. Die Schalldämmzahl R' (in dB) wird in Abhängigkeit von der Frequenz f (in Hz) angegeben.

$$R' = L_S - L_E + 10 \log \frac{S}{A} \quad (\text{in dB}).$$

Der Beistrich (in R') zeigt an, daß die Messungen in Bauten durchgeführt wurden.

In dieser Formel bedeuten:

L_S : Schallpegel im Senderraum

L_E : Schallpegel im Empfangsraum

S : Fläche der Decke

$A = \frac{0,163 \cdot V}{T}$: Schallschluckvermögen nach Sabine (in m^2) des Empfangsraumes, wobei mit V der Rauminhalt und mit T die Nachhallzeit des Empfangsraumes bezeichnet werden.

2.2 Trittschalldämmung

Als Maß für die Trittschalldämmung der Decken wurde nach den Bestimmungen von DIN 52210 der Norm-Trittschallpegel L'_N (in dB) durch eine Oktavsieb-Geräuschanalyse bestimmt.

$$L'_N = L + 10 \log A/10 \quad (\text{dB}).$$

¹⁾ DIN 52210: Luftschalldämmung und Trittschallstärke, Bestimmung am Bauwerk und im Laboratorium, Ausgabe Juli 1953

Darin bedeuten:

L : Schallpegel im Empfangsraum

A : Schallschluckvermögen des Empfangsraumes.

Als Schallquelle diene bei den Trittschallmessungen das in DIN 52210 beschriebene Hammerwerk mit 5 Stahlhämmern.

Die Verbesserung der Trittschalldämmung bei wohnfertigen Decken gegenüber den Rohdecken wird als Trittschallminderung ΔL angegeben:

$$\Delta L = L_0 - L_1 \quad (\text{dB}),$$

wenn L_0 : Trittschallpegel der Rohdecke

L_1 : Trittschallpegel der wohnfertigen Decke
bedeuten.

3. Verfahren zur Bewertung der Meßergebnisse

3.1 Sollkurven

In DIN 52211²⁾ sind Sollkurven für die Schalldämmzahlen und für den Norm-Trittschallpegel festgelegt, die in die einzelnen Diagramme eingezeichnet werden. Für die Auswertung der Meßergebnisse gilt folgendes:

Soll die untersuchte Decke oder Wand zur Trennung von Wohnungen benutzt werden, so ist der durch sie gegebene Schallschutz als ausreichend anzusehen, wenn die mittleren Abweichungen der Meßpunkte von den Sollkurven (im ungünstigen Sinne) nicht mehr als 2 dB betragen.

3.2 Schallschutzmaße

Infolge dieser Darstellungsweise schalltechnischer Ergebnisse können "Luft- und Trittschallschutzmaße" angegeben

²⁾ DIN 52211: Schalldämmzahl und Norm-Trittschallpegel, Richtlinien für die einheitliche Mitteilung und die Bewertung von Meßergebnissen, Vornorm, Ausgabe September 1953.

werden. Das Schallschutzmaß gibt die Verschiebung der Sollkurve in dB an, die möglich ist, ohne die oben angeführten Bedingungen zu verletzen, bzw. notwendig ist, um die genannten Bedingungen zu erfüllen. Schalltechnisch gerade ausreichende Wände und Decken besitzen demnach das Schallschutzmaß Null dB, bei günstigeren Bauteilen sind die Schallschutzmaße positiv, bei ungünstigeren negativ.

4. Meßergebnisse

Als Meßergebnisse sind die Mittelwerte aus Prüfungen an je drei gleichen Bauteilen angegeben. Dadurch werden die Einflüsse zufälliger Bauabweichungen vermindert und genauere schalltechnische Werte ermittelt. Die Streuungen der einzelnen Meßergebnisse waren verhältnismäßig gering, sie lagen im allgemeinen unter $\pm 1,5$ dB.

Die Ergebnisse der Luftschalldämmungsmessungen an den Wänden sind in Tafel 1, die an den Rohdecken in Tafel 2 und die an wohnfertigen Decken in Tafel 3 zusammengestellt. Eine übersichtliche Zusammenstellung des erzielten Schallschutzes ist aus Tafel 4 zu ersehen. Die Schalldämmkurven der Wände sind in Abb. 3 und 4, die Dämm-, sowie die Trittschallpegelkurven der Decken in Abb. 5 (Rohdecken) und 6 bis 8 (wohnfertige Decken) eingezeichnet. An Abb. 9 wurden die Trittschallminderungen zusammengestellt.

Tafel 1

Meßergebnisse an Wänden.

Wand	Mittl. Schalldämm- zahl (dB)			Luftschall- schutzmaß (dB)	Meß- kurve s. Abb.
	100- 550 Hz	550- 3000 Hz	100- 3000 Hz		
A 24 cm Gitterzie- gel mit beider- seits 1,5 cm Kalkputz	43	53	49	+ 2	3
B 14 cm dicker B 225 mit 2x5 cm Ytong-Platten, beiders. 1,5 cm dicker Kalkputz	42	53	48	+ 1	3
C 24 cm Ytong- Wandbausteine beiders. 1,5 cm dicker Kalkputz	37	50	44	- 3	3,4
D 24 cm Ytong- Wandbausteine ^{x)} beiders. 1,5 cm dicker Kalkputz	43	55	49	+ 2	4

^{x)} Messung über Dehnungsfuge zwischen Haus 14 und 15
(vgl. Seite 3)

Tafel 2

Meßergebnisse an Rohdecken: 14 cm Stahlbetonplatte mit
1,5 cm Kalkgipsputz

Decke	Wdmungstrenn- wand und Trep- penhauswände	Mittel- wand	Mittlere Schall- dämmzahl (dB)			Norm- Tritt- laut- stärke (phon)	Luft- schall- schutzmaß (dB)	Tritt- schall- schutzmaß (dB)	Meß- kur- ve s. Abb.
			100- 550 Hz	550- 3000 Hz	100- 3000 Hz				
F ₁	Ytong, 24 cm	Ytong 24 cm dick	42	54	49	88	-1	-8	5
F ₂	Gitterziegel, 24 cm	Gitter- ziegel 24 cm dick	41	55	48	91	-1	-11	5
F ₃	14 cm dicker B 225 mit 2 x 5 cm Ytong-Plat- ten	B 225 14 cm dick mit 2x5 cm Ytong- Platten	41	54	48	89	-1	-8	5

Tafel 3

Meßergebnisse an wohnfertigen Decken (Rohdecken nach Tafel 2)

Decke	Fußboden und Hohlraumausfüllung	Roh- decke	Mittlere Schall- dämmzahl (dB)			Norm- Tritt- laut- stärke (phon)	Luft- schallschutz- maß (dB)	Tritt- schutz- maß (dB)	Meß- kur- ve s. Abb.
			100- 550 Hz	550- 3000 Hz	100- 3000 Hz				
G ₁	Holzfußboden, Lager- hölzer auf 6 mm Mine- ralwolleplatten ("Iso- la"), 2,5 kg/m ² , Mi- neralwollematten	F ₁	44	57	51	82	+2	+4	6,9
G ₃	wie G ₁	F ₃	43	57	50	81	+1	+5	8,9
H ₁	Holzfußboden, Lager- hölzer auf 6 mm Mine- ralwolleplatten ("Iso- la"). Koksasche	F ₁	45	58	52	82	+3	+4	6,9
H ₂	wie H ₁	F ₂	45	58	52	82	+3	+4	7,9
I ₁	5 mm Gips-Glattstrich 4,0 cm Gipsestrich 3,5 cm Sandschüttung 1,5 cm Glaswolle- matten	F ₁	46	58	52	81	+4	+5	6,9

Schallschutzmaße n. DIN 52 211 (dB)

Wohnungstrennwände				Luftschall				Trittschall			
				-12	-9	-6	-3	±0	+3	+6	
A	24 cm Gitterziegel, verkleidet										
B	14 cm B 225 mit 2×5 m „Ytong“-Platten, verkleidet										
C	24 cm Porenbeton-Wandbausteine „Ytong“, verkleidet										
D	24 cm Porenbeton-Wandbausteine „Ytong“, verkleidet <u>Messung über Dehnungsfuge</u> (vergl. Seite 3)										
Rohdecken: 14 cm Stahlbetonplatte, verputzt											
Bez.	Haus-Nr.	Wohnungstrennwand u. Treppenhauswände	Mittelwand								
F ₁	14	24 cm „Ytong“									
F ₂	6	24 cm Gitterziegel	17,5 cm Gitterziegel								
F ₃	24	14 cm Schwerbeton mit 2×5 cm „Ytong“									
Wohnfertige Decken											
Bez.	Rohdecke	Fußboden									
G ₁	F ₁	Holzfußboden. Lagerhölzer auf 6 mm Mineralwolleplatten		Hohlraum: 2,5 kg / m ² Mineralwolle matten							
G ₃	F ₃										
H ₁	F ₁			Hohlraum: Koksasche							
H ₂	F ₂										
J ₁	F ₁	5 mm Gipsglattstrich, 40 mm Gipsestrich 35 mm Sand, 15 mm Glaswolle - Matte									

schlecht ← → gut
 ↑
 ausreichend

5. Beurteilung der Meßergebnisse

5.1 Wände

Von den untersuchten Wänden ist nur die 24 cm dicke Wand aus den Ytong-Wandbausteinen nicht ausreichend; während die 24 cm Gitterziegelwand und die Wand mit einem zwischen zwei je 5 cm dicke Ytong-Wandbauplatten geschütteten 14 cm dicken Schwerbetonkern ausreichenden Schallschutz bieten.

Die Schallübertragung zwischen zwei Räumen geschieht auf zwei Wegen: a.) durch die Trennwand, b.) über die gemeinsamen Längswände und Decken beider Räume. Wenn es durch bautechnische Maßnahmen gelingt, diesen zweiten Weg der Schallenergie auszuschalten, so lassen sich entsprechend höhere Werte für die Luftschalldämmung erzielen. Durch eine Dehnungsfuge zwischen zwei Häusern kann ein solcher Bauzustand erreicht werden. Dadurch ist der in Abb. 4 dargestellte Unterschied der Schalldämmung für die sonst gleich aufgebauten Wände C und D zu erklären.

5.2 Rohdecken

Rohdecken allein besitzen keinen ausreichenden Schallschutz, während die Luftschalldämmung fast ausreicht (Schallschutzmaße -1 dB), ist die Trittschalldämmung unzureichend.

Bei einem Vergleich von Meßergebnissen gleicher Rohdecken im Zusammenhang mit unterschiedlichen Wandbauweisen ergibt sich, daß die in dem teilweise mit Gitterziegeln erbauten Hause untersuchten Rohdecken eine etwas ungünstigere Trittschalldämmung besitzen als die Decken in den aus Ytong-Wandbausteinen erbauten Häusern, auch bei der Bauart mit Schwerbeton-Kern (B 225) zwischen den Ytong-Platten. Außer dem unterschiedlichen Baustoff sind aber gleichzeitig auch verschiedene Wändicken vorhanden, bei Gitterziegeln 17,5 cm, sonst 24 cm für die in Frage kommenden Wände. Die geringere Trittschalldämmung wird, da die Schallausbreitung um Ecken am günstigsten bei gleichen Wand- und Deckendicken erfolgt, eher durch die geringere Wändicke als durch den Baustoff begründet sein.

5.3 Wohnfertige Decken

Die untersuchten wohnfertigen Decken weisen sämtlich einen ausreichenden Schallschutz auf.

6. Verbesserung der Trittschalldämmung durch Fußböden

Die Verbesserung der Trittschalldämmung durch die Holzfußböden und durch den schwimmenden Gipsestrich auf Glaswollematten ist etwa gleichwertig. Eine Koksasche-Füllung der Hohlräume zwischen den Lagerhölzern ergibt, bedingt durch das größere Gewicht, etwas günstigere Werte als eine Füllung mit Mineralwolle. Der schwimmende Gipsestrich auf Glaswolle-Matten bringt etwa die gleiche Trittschallverbesserung wie Holzfußböden mit Mineralwolle.

Teil II : Körperschallmessungen

Die Versuchsbauten in Köln-Höhenberg eigneten sich gut für Körperschalluntersuchungen, da sie aus 3 - 4-geschossigen Reihenhäusern erbaut waren, die sich nur in den verwandten Wandbaustoffen unterschieden. Die Körperschallmessungen an diesen Häusern wurden unter gleichen Versuchsbedingungen durchgeführt, um den Einfluß der Baustoffe, der unterschiedlichen Deckenauflagerung und der Trennfugen auf die Körperschallausbreitung festzustellen.

Da bislang nur wenig Unterlagen auf dem Gebiet der Körperschallmessungen vorliegen, mußten zugleich Grundlagenuntersuchungen angestellt werden.

7. Angewandte Meßgeräte und Meßverfahren.

Durch die angestellten Körperschalluntersuchungen werden Biegeschwingungen eines Bauteils (Decke oder Wand) über mehrere Räume verfolgt, und die Amplituden der Meßpunkte mit Hilfe eines elektrischen Integrationssystems in diesen Punkten entsprechende Schnelle- (Geschwindigkeit) bzw. Beschleunigungswerte umgewandelt. Für eine bestimmte Meßfrequenz besteht eine Proportionalität zwischen Amplituden-, Schnelle- und Beschleunigungswerten. Wegen dieser Beziehungen beschränkten sich die im folgenden beschriebenen Untersuchungen im allgemeinen auf Schnelle-Messungen, da diese von erhöhtem theoretischen Interesse sind.

Zur Messung des Körperschallpegels wird ein einseitig eingespannter piezoelektrischer Kristall-Biegeschwinger benutzt, der in seinem Aluminiumgehäuse (2,0 x 2,0 x 2,0 cm) mit Klebewachs auf dem zu untersuchenden Bauteil befestigt ist. Die mechanischen Schwingungen, die dieser in Verbindung mit dem Bauteil ausgeführt, werden von dem Biegeschwinger in elektrische Spannungen umgesetzt. Diese Spannung entspricht der an dem jeweiligen Meßpunkt herrschenden Schwingungsamplitude.

Die Biegeschwingungen der untersuchten Bauteile wurden ebenfalls mit piezoelektrischen Systemen angeregt, die jedoch erheblich stärker waren als die oben beschriebenen. Die kreisförmige Übertragungsscheibe wurde mit Klebewachs im allgemeinen auf den Decken befestigt und darüber hinaus mit einem bestimmten Gewicht belastet. Die Aussteuerung erfolgte bei den verschiedenen Frequenzen mit einem Tonregenerator. Die Leistungsaufnahme betrug stets ein Watt.

Der Raum, in dem die Anregung vorgenommen wurde, ist A, die sich diesen anschließenden Räume sind B, C und D genannt. (In den letzteren Räumen sind je nach dem zu verfolgenden Ziel die Messungen an den verschiedenen Bauteilen vorgenommen worden). Im allgemeinen sind Decken, Außenwände und Mittelwände als Meßobjekt gewählt worden.

Wie an anderer Stelle bereits festgestellt werden konnte, wird eine Meßgenauigkeit von $\pm 0,5$ dB bei der Durchführung von 2 Meßreihen erzielt. D.h., an dem zu untersuchenden Bauelement werden jeweils 4 Meßpunkte gewählt. Mit dem Schwingungsaufnehmer werden an jedem Meßpunkt die Körperschallamplituden bei den verschiedenen Anregungsfrequenzen zweimal gemessen. Eine dritte Amplitudenmessung würde den erhöhten Aufwand durch eine größere Genauigkeit nicht rechtfertigen.

Die Registrierung der Meßwerte wurde in jedem Falle mit einem logarithmischen Pegelschreiber vorgenommen. Da sämtliche Meßwerte denselben Bezugspegel haben, ist bereits ein Vergleich dieser Relativwerte möglich.

Im allgemeinen erfolgten Messungen bei den Frequenzen 300 ± 100 Hz, 700 ± 200 Hz und 1400 ± 200 Hz, nur in wenigen Fällen auch bei 150 ± 50 Hz und 2800 ± 200 Hz. Die Werte geben die Mittelfrequenz des Heultons mit der Heulbreite an. Die Wobelfrequenz betrug bei allen Messungen 8 Hz.

Die Luftschallpegelmessungen erfolgten durch Bestimmung des Schalldruckes bei 6 Mikrofonstellungen. Als Bezugspegel ist bei allen Untersuchungen $p_0 = 2 \cdot 10^{-4} \mu b$ gewählt worden.

8. Vergleich des Körperschallpegels an verschiedenen Bauteilen

8.1 Einfluß der Wandbaustoffe

Zunächst war die Frage zu beantworten, welchen Einfluß verschiedene Außenwandbaustoffe auf die Körperschallfortleitung einer Stahlbetonplatte ausübten. Die Grundrißaufteilung der Versuchsräume und die Wandbaustoffe der Mittel- und Zwischenwände waren unverändert.

Im Raum A wurde die Körperschallanregung der Decke vorgenommen. In dem darunter liegenden Geschoß ist der Körperschallpegel an den Decken der Räume A, B, C, D an vier Meßpunkten in jeweils 2 Meßreihen gemessen worden.

Es wurden Häuser mit folgenden Außenwandbaustoffen untersucht:

- a. Gitterziegel
- b. Naturschwemmstein
- c. Ytong-Wandbausteinen

Für die Meßräume ist der Körperschallpegelverlauf in der Abb. 10 dargestellt.

Wird die Pegeldifferenz für den Körperschallverlauf zwischen dem Raum A und dem Raum D gebildet und diese auf 1 m bezogen, so wird die mittlere Körperschallabnahme der Stahlbetonplatte erhalten. Hierin ist nicht nur die Abnahme innerhalb der Decke selbst, sondern auch die Abnahme an den Zwischenwandangrenzungen enthalten. Die Zwischenwanddicke ist von erheblichem Einfluß auf die Körperschallabnahme, wie die unterschiedlich stark ausgebildeten Sprungstellen des Pegelverlaufes in Abb. 10 zeigen.

Als mittlere Körperschallabnahme wird für die Stahlbetonplatten erhalten:

Außenwandbaustoff	Mittel- und Zwischenwand	Mittlere Körperschallabnahme für Anregungsfrequenz					Mittel über alle Frequenzen
		150 + 50 Hz	300 + 100 Hz	700 + 200 Hz	1400 + 200 Hz	2800 + 200 Hz	
Gitterziegel	Gitterziegel	1,7 dB/m	1,9 dB/m	1,7 dB/m	2,1 dB/m	2,1 dB/m	1,70 dB/m
Naturschwemmstein	Gitterziegel	1,8 dB/m	2,2 dB/m	1,5 dB/m	1,9 dB/m	2,2 dB/m	1,88 dB/m
Ytong	Gitterziegel	2,0 dB/m	1,7 dB/m	1,9 dB/m	2,2 dB/m	2,5 dB/m	2,06 dB/m

Aus diesen Werten ist zu ersehen, daß bei dem Außenwandstoff Gitterziegel eine günstigere Körperschallfortleitung in der Decke besteht als bei dem Außenwandbaustoff Ytong.

Entsprechende Untersuchungen wurden angestellt für Häuser mit einheitlichen Außenwänden und verschiedenen Mittel-, Zwischen- und Wohnungstrennwänden. Das Ergebnis dieser Messungen ist in der folgenden Tafel wiedergegeben.

Außenwand	Mittelwand	Zwischenwand	Wohnungstrennwand	Mittlere Körperschallabnahme für Anregungsfrequenz			Mittel über Meßfrequenzen
				300 + 100 Hz	700 + 200 Hz	1400 + 200 Hz	
B a u s t o f f							
Ytong	Gitterziegel	Gitterziegel	Gitterziegel	1,5 dB/m	1,8 dB/m	2,4 dB/m	1,90 dB/m
Ytong	Ytong	Ytong	Ytong	1,9 dB/m	2,1 dB/m	2,6 dB/m	2,20 dB/m
Ytong	Schwerbeton (B 225) mit Ytong- Platten	Ytong	Schwerbeton (B 225) mit Ytong- Platten	1,7 dB/m	2,0 dB/m	2,4 dB/m	2,03 dB/m

Ein Vergleich mit der vorangegangenen Tafel zeigt, daß Wandkombinationen Ytong-Ytong den größten Körperschallabfall innerhalb der Decke aufweisen. Weiterhin lassen die Werte darauf schließen, daß das Material der Außenwand stärker die Fortleitung der Decke beeinflußt als die Mittelwand.

Neben der Messung des Körperschallpegels an den Decken, konnte die Abnahme des Körperschallpegels auch an den Mittelwänden geprüft werden.

Die Messungen erfolgten an folgenden Wänden:

- a.) 24 cm dicke Wand aus Gitterziegel
- b.) 24 cm dicke Wand aus Ytong
- c.) 24 cm dicke Wand aus B 225 beiderseitig mit 5 cm dicken Ytong-Platten verkleidet.

Die Körperschallanregung wurde an der Decke des Raumes A vorgenommen, an den Mittelwänden der Meßräume wurden die Wandamplituden an jeweils 4 Meßpunkten in 2 Meßreihen bestimmt.

Die ermittelten Körperschallpegel sind für die Raummitten in Abb. 11 eingetragen und miteinander verbunden. Aus der Darstellung läßt sich in einfacher Form eine mittlere Körperschallabnahme in dB/m ermitteln.

Mittelwand	Mittlere Körperschallabnahme für Meßfrequenzen		
	300±100 Hz	700±200 Hz	1400±200 Hz
24 cm Gitterziegel	1,3 dB/m	1,6 dB/m	3,4 dB/m
24 cm Ytong	3,3 dB/m	3,0 dB/m	4,2 dB/m
24 cm B 225 mit Ytong-Platten	2,5 dB/m	2,6 dB/m	3,6 dB/m

Aus den Werten ist zu ersehen, daß Wand 2 die größte Körperschallabnahme zeigt, wie in den Ergebnissen der Deckenmessungen bei verschiedenen Wandbaustoffen zum Ausdruck kommt.

In der angegebenen Körperschallabnahme ist auch, wie schon erwähnt, der Energieverlust an den Decken und den Zwischenwänden enthalten. Die Körperschallabnahme des Wandmaterials allein, also wird kleiner als die angegebenen Werte sein. Zum anderen wirken sich die Türöffnungen auf die relativ hohe Körperschallabnahme der Mittelwand entscheidend aus. Da aber die Türöffnungen bei allen Prüfwänden unter gleichen Voraussetzungen angebracht sind, gestatten diese Werte bereits einen Vergleich der verschiedenen Wandbaustoffe in Bezug auf Körperschallfortleitfähigkeit.

8.2 Einfluß der Wanddicken

Der Einfluß der Zwischen-Wanddicken auf die Körperschallfortleitung innerhalb der Decke, konnte an sechs hintereinanderliegenden Meßräumen, die abwechselnd durch eine 12 cm und eine 24 cm dicke Zwischen- bzw. Wohnungstrennwand abgegrenzt waren, untersucht werden. Die Messung wurde an der 14 cm dicken Stahlbetonplatte vorgenommen, die von der Mittelwand zur Außenwand durchgehend über sämtliche Meßräume gespannt war.

Die Anregung erfolgte mit Körperschall im Raum A. Die in den Räumen A - F an den Decken gemessenen Körperschallpegel sind in der Abb. 12 dargestellt. Zugleich ist die Zuordnung der Zwischenwanddicken zu den Pegelwerten angedeutet.

Auffallend in dieser Darstellung ist:

- a.) die frequenzabhängige Amplitudenabnahme
- b.) die Abhängigkeit der Amplitudenabnahme von der Trennwanddicke.

Offensichtlich steigt die Amplitudenabnahme bezogen auf sämtliche Raumeinheiten mit wachsender Frequenz, d.h. die Dämpfung von Körperschallwellen höherer Frequenz ist größer als die tieferer Frequenz.

Wird eine mittlere Gerade durch die Amplitudenabfallskurven gelegt, so läßt sich wie in Absatz 8,1 bereits durchgeführt eine mittlere Amplitudenabnahme in dB/m der untersuchten Stahlbetonplatte mit einer vorgegebenen Zwischenwandverteilung bestimmen.

Bei einer Beurteilung des Körperschallpegels zwischen den verschiedenen Räumen ist festzustellen, daß die Amplitudenabnahme zwischen zwei Räumen, mit gleich dicken Zwischenwänden annähernd gleich groß ist. Diese Feststellung wird durch die getrichelten Geraden der Abb. 12 ausgedrückt.

Daraus ist zu schließen:

- a.) Die Abnahme des Körperschallpegels erfolgt linear.
- b.) Neben einer Entfernungsabnahme des Körperschallpegels besteht für jede Frequenz eine Pegelabnahme, die von der Trennwanddicke abhängig ist.

Je dicker die Trenn- bzw. Zwischenwand ist, um so größer ist der Energieaufwand, sie in Schwingungen zu versetzen. Den Biegewellen, die sich in der Decke ausbreiten, wird dieser Energieanteil entzogen, und die Dämpfung von Raum zu Raum wächst mit der Wanddicke.

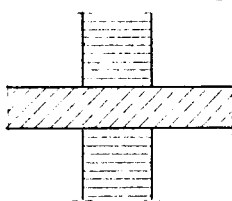
Die Differenz des Körperschallpegels an einer 12 cm dicken Stahlbetonplatte, vor und hinter Ytong-Trennwänden ist in der folgenden Tafel für verschiedene Wanddicken eingetragen.

Anregungsfrequenz	Körperschalldifferenz vor und hinter einer	
	12,0 cm dicken Wand (dB)	24,0 cm dicken Wand (dB)
300 \pm 100 Hz	3,0	6,0
700 \pm 200 Hz	3,0	8,0
1400 \pm 200 Hz	6,0	10,0

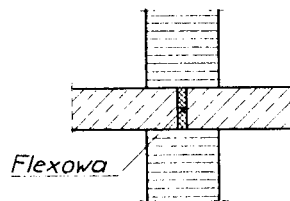
9. Wirkung von konstruktiven Maßnahmen auf die Körperschallfortleitung.

Da in den Versuchsbauten zwischen zwei Hauseinheiten die Deckenanschlüsse mit der Trennwand verschiedenartig ausgeführt waren, wurde der Einfluß dieser Anschlußstellen körperschallmäßig untersucht.

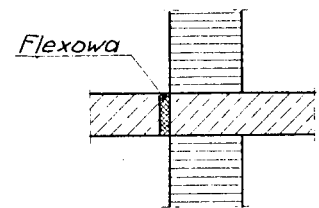
Die konstruktiven Variationen des Decken-Anschlusses sind aus der folgenden Skizze zu ersehen.



Ausführung A



Ausführung B



Ausführung C

Ausführung A: Die 14 cm dicke Stahlbetonplatte ist durchgehend über die Trennwand hinweggeführt. Die Bewehrungsrichtung läuft parallel zur Trennwand. Diese Ausführung liegt an den Wohnungstrennwänden einer Hauseinheit vor.

Ausführung B: Die 14 cm dicke Stahlbetonplatte ist in der Trennwandmitte auf etwa 3 - 4 cm unterbrochen. Dieser Zwischenraum ist mit einer Isolierschicht aus "Flexowa" ausgefüllt. Diese Ausführung ist teilweise zwischen zwei Hauseinheiten durchgeführt, zwischen denen keine Trennfuge vorhanden war.

Ausführung C: Die 14 cm dicke Stahlbetonplatte schneidet einseitig mit der Trennwandfläche ab. Von derselben Seite stößt das Ende der Stahlbetonplatte des Nachbarhauses stumpf dagegen. Beide Stöße sind durch eine Isolierschicht aus "Flexowa" von einander getrennt. Diese Ausführung ist bei Hauseinheiten zu finden, die durch eine Dehnungsfuge von einander getrennt sind.

Die Untersuchungen wurden so angelegt, daß bei Körperschallanregung beispielsweise im Raum C einer Hauseinheit das Verhalten des Körperschallpegels zwischen den Räumen D und A zweier Hauseinheiten überprüft werden konnte.

Der Verlauf des Körperschallpegels an der Grenzfläche zweier Häuser, die sich durch die verschiedene Deckenauflagerung unterscheiden, ist in der Ab. 13 wiedergegeben, während der gemessene Sprung des Körperschallpegels an der Grenzfläche selbst nochmals in der nachfolgenden Tafel angegeben ist.

Anregungs- frequenz	Differenz des Körperschallpegels vor und hinter der Trennwand		
	Ausführung A	Ausführung B	Ausführung C
300+100 Hz	5,4 dB	8,3 dB	12,6 dB
700+200 Hz	8,0 dB	12,7 dB	19,1 dB
1400+200 Hz	10,8 dB	16,4 dB	32,4 dB

Aus den Werten ist zu ersehen, daß die Körperschallfortleitung durch die Ausführung B gegenüber der Ausführung A nur unwesentlich herabgesetzt wird, während durch die Ausführung C eine beachtliche Verbesserung der Körperschallabnahme erzielt wird.

Die Abnahme der Ausführung A läßt sich einmal durch die Dämpfung der Biegewellen-Energie innerhalb der Decke

selbst, und durch die Energieabnahme auf die angrenzenden Außen-, Mittel- und Trennwände erklären.

Bei der Ausführung B wird der größte Teil der Körperschallenergie von dem auf die Trennwand aufliegenden Deckenende auf die Trennwand übertragen, diese leitet die Körperschallenergie auf das durch die Isolierschicht getrennte Deckenende fort.

Die Ausführung C stellt die beste Körperschallisolation dar. Tieferere Frequenzen werden gegenüber höheren noch relativ gut übertragen. Vermutlich würde auch bei tieferen Frequenzen eine günstigere Dämmung eintreten, falls die Dämmschicht einen lockeren Aufbau besitzen würde.

Sowohl bei der Ausführung B als auch bei der Ausführung C wird die Körperschallübertragung durch die seitlich an die Trennwand angrenzende Außenwand durch Dehnungsfugen stark reduziert.

10. Zusammenfassung

Das Ziel der Luft- und Trittschallmessungen an der Wohnanlage Köln-Höhenberg bestand darin, den Einfluß verschiedener Wandbaustoffe auf die Schalldämmung einer 14 cm dicken Stahlbetonplatte zu untersuchen. Darüber hinaus war der Schallschutz verschiedener Wohnungstrennwände zu prüfen.

Als Wohnungstrennwände und sonst als Auflager für die Stahlbetonplatte waren die folgenden Wandkonstruktionen eingebaut:

- 1.) 24 cm Gitterziegel
- 2.) 24 cm Ytong-Wandbausteine
- 3.) 14 cm dicker B 225 mit 2 x 5 cm Ytong-Wandbauplatten.

Ein Unterschied in der Luftschalldämmung der Stahlbetonplatte konnte bei den verschiedenen Wandbaustoffen nicht festgestellt werden. Während die Stahlbetonplatte mit Ytong als Wandbaustoff den günstigsten Trittschallschutz zeigt.

Von den geprüften Wänden erfüllen nur Wand 1 und Wand 3 die nach DIN 52211 gestellten Anforderungen bezüglich des Luftschallschutzes.

Aus den angestellten Körperschalluntersuchungen kann gefolgert werden, daß von den geprüften Wandbaustoffen dampfgehärteter Porenbeton Ytong die geringste Körperschallfortleitung aufweist. Zwar sind die eingebauten Ytong-Blöcke größer als Gitterziegel, aber in dem porigen Baustoff ist die Körperschalldämpfung nach den Meßergebnissen größer als in dem inhomogenen Bauelement: Ziegel-Loch-Mörtelfuge. Die absolute Größe der Körperschallabnahme müßte an Prüflörpern aus reinem Ytong- bzw. Ziegelmateral nachgeprüft werden. Bei Körperschalluntersuchungen in Bauten haben folgende Faktoren auf die Fortleitung einen Einfluß :

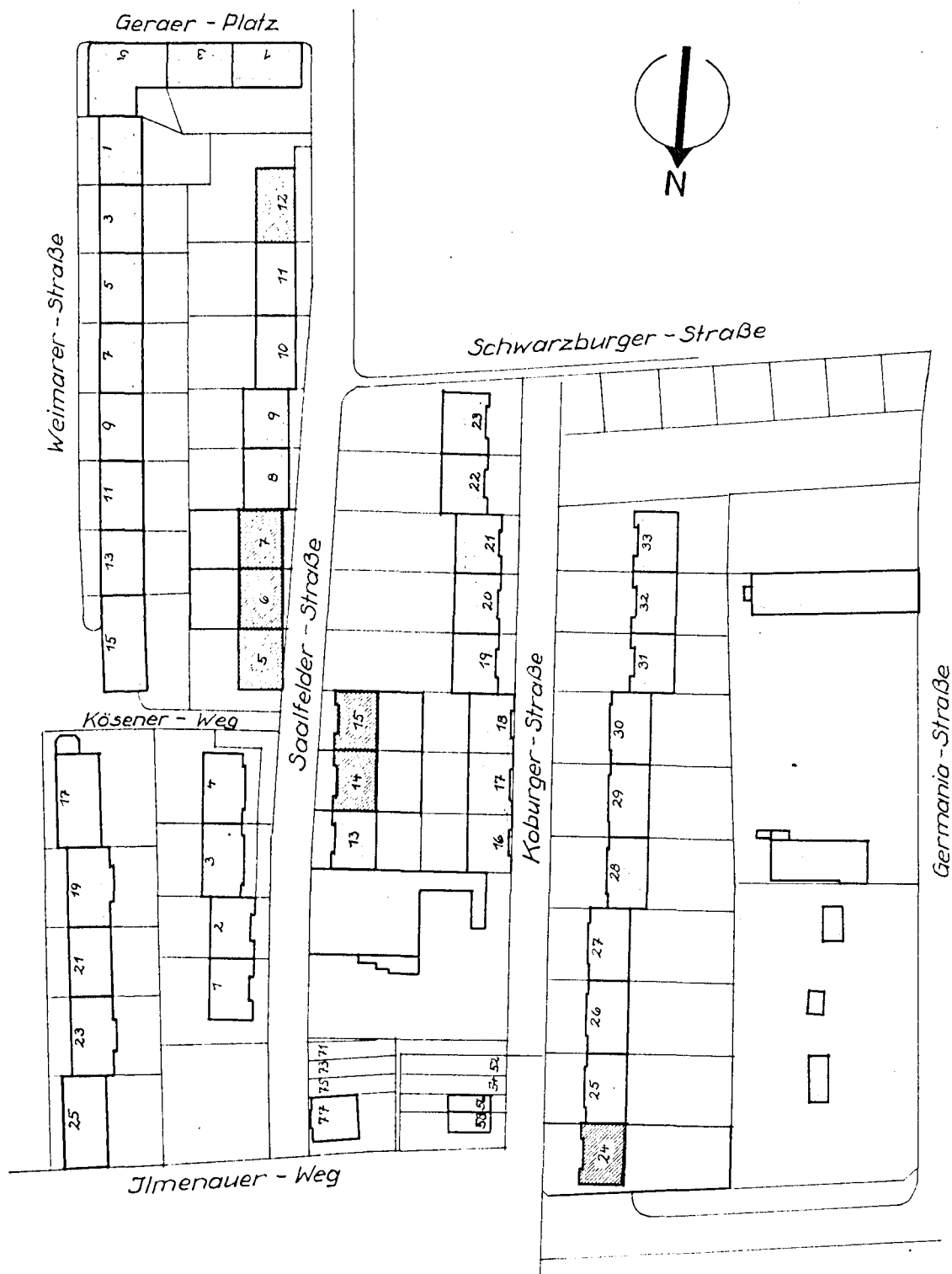
- a.) Natur der Baustoffe
- b.) Konstruktion der Bauteile
- c.) Raumordnung

Die Variation der Deckenauflagerung an den Trennwänden ergab wertvolle Rückschlüsse auf die Körperschallfortleitung an den Begrenzungsstellen zweier Hauseinheiten. Der erhöhte Aufwand bei der baulichen Erstellung der Ausführung C wird vollends durch die erzielte höhere Körperschalldämmung gerechtfertigt.

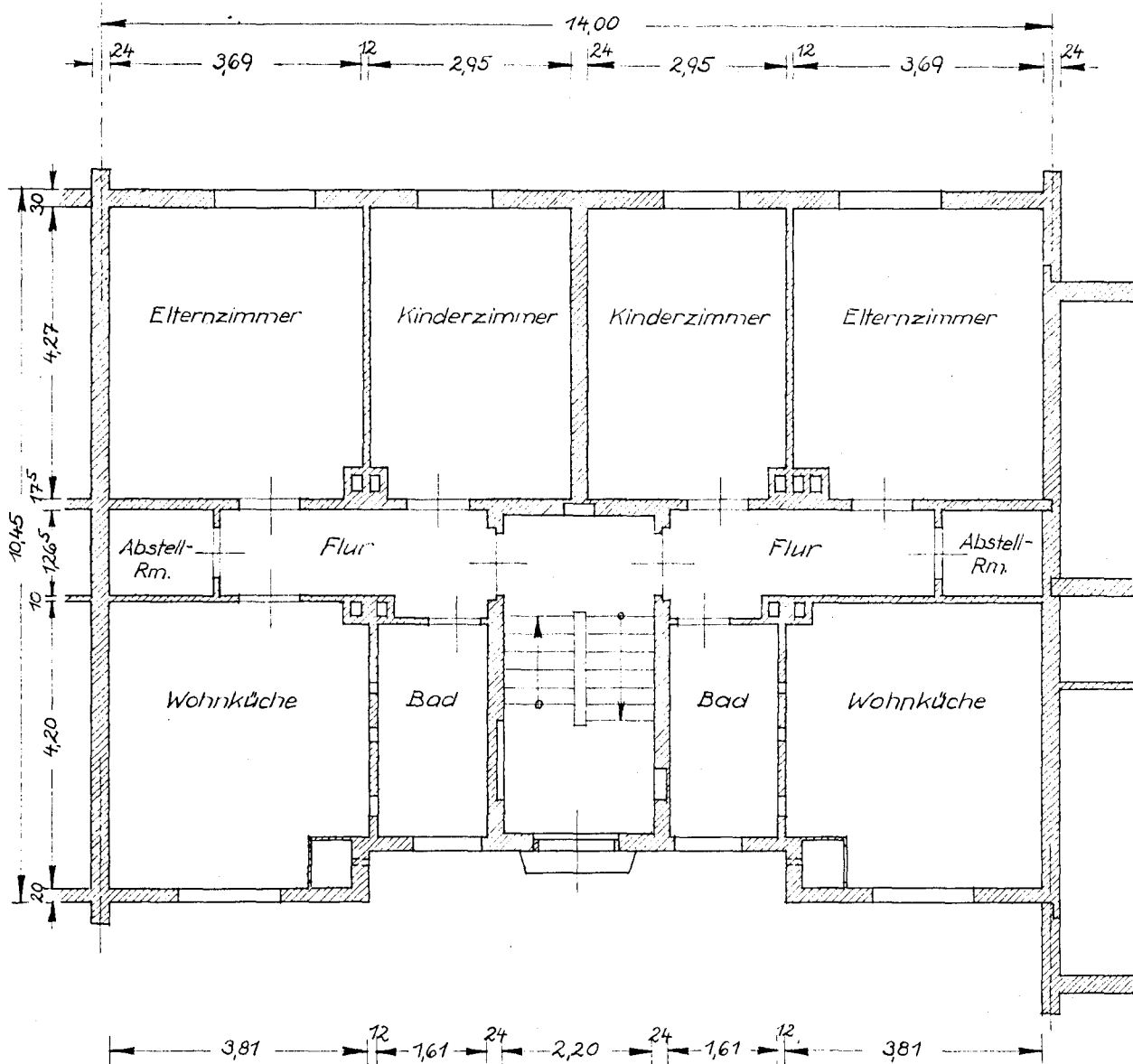
11. Anlage

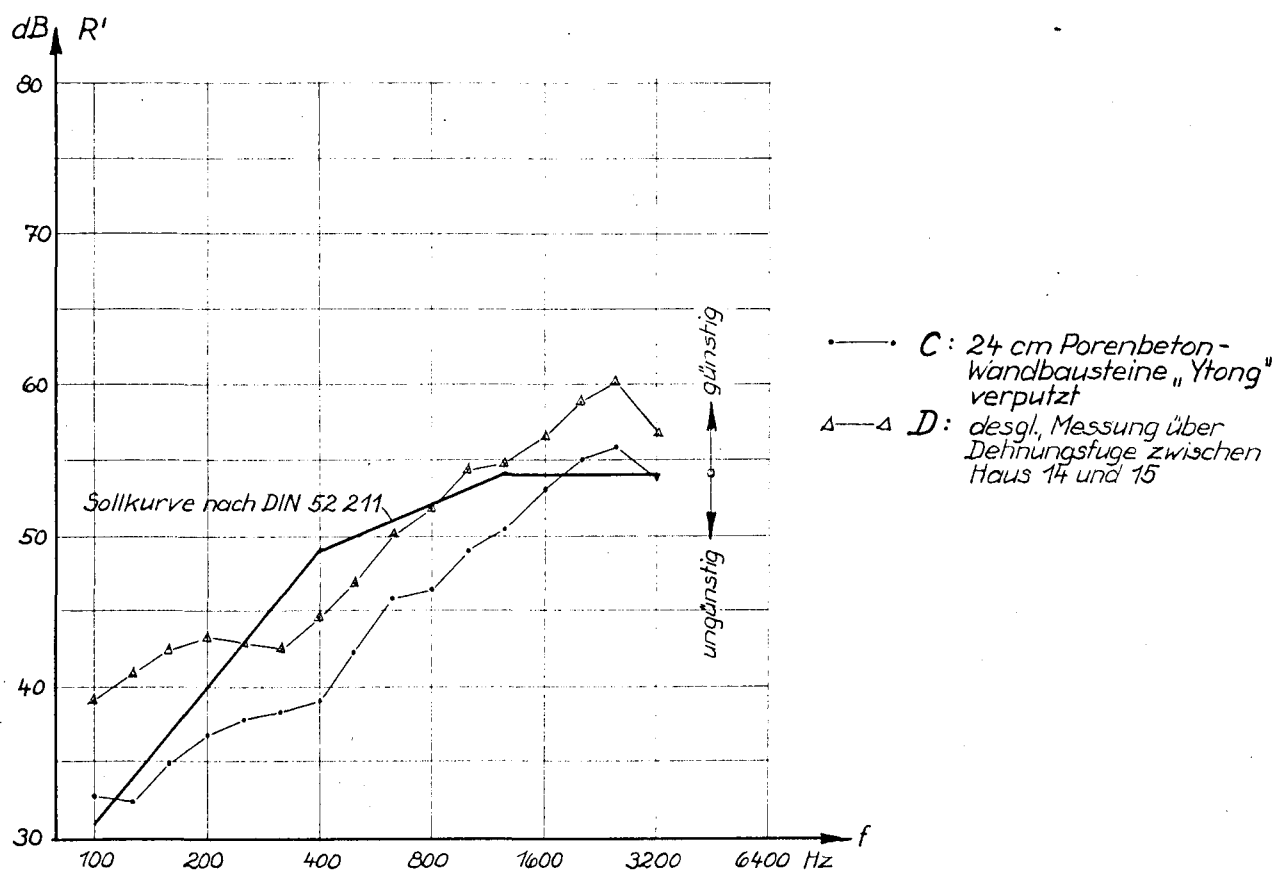
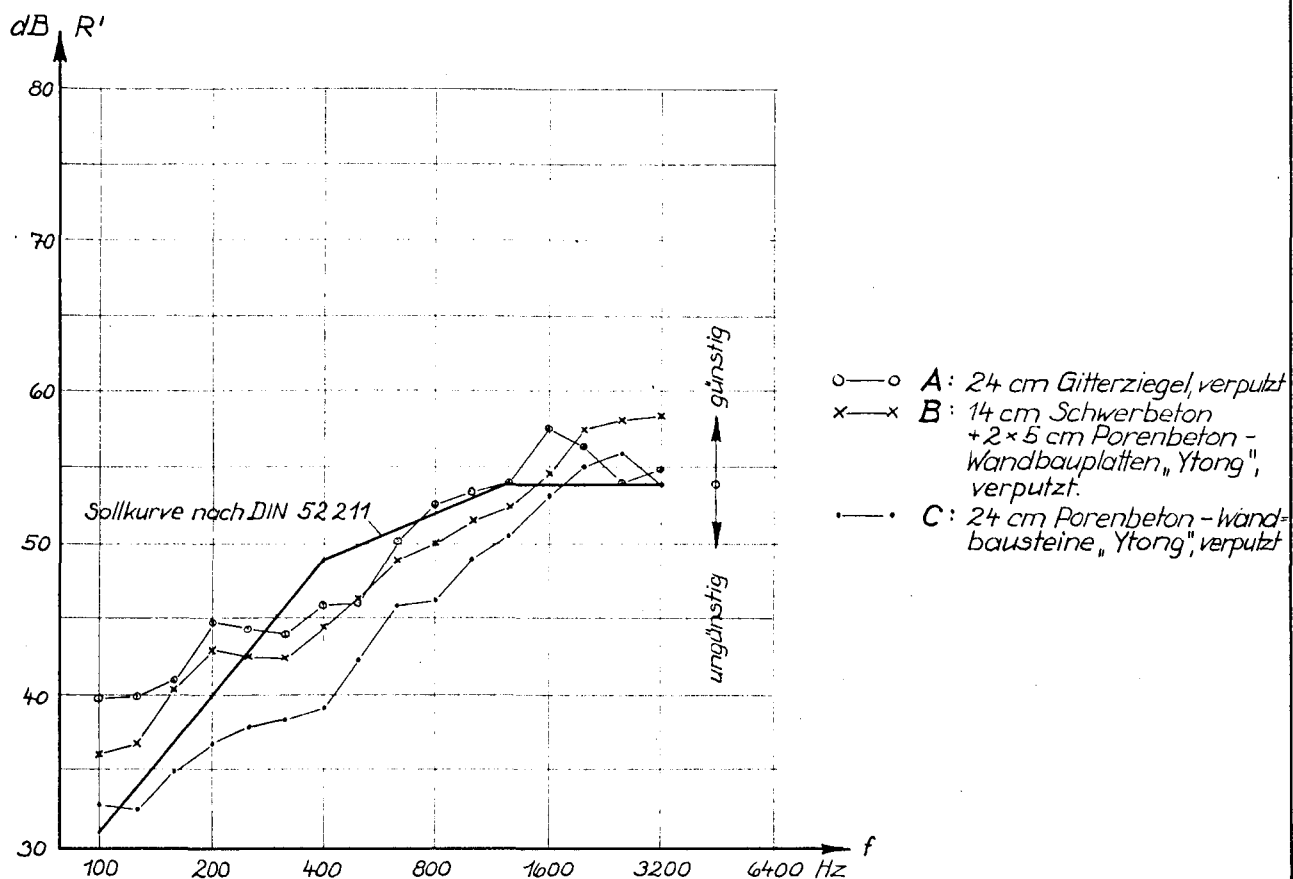
Abbildungen

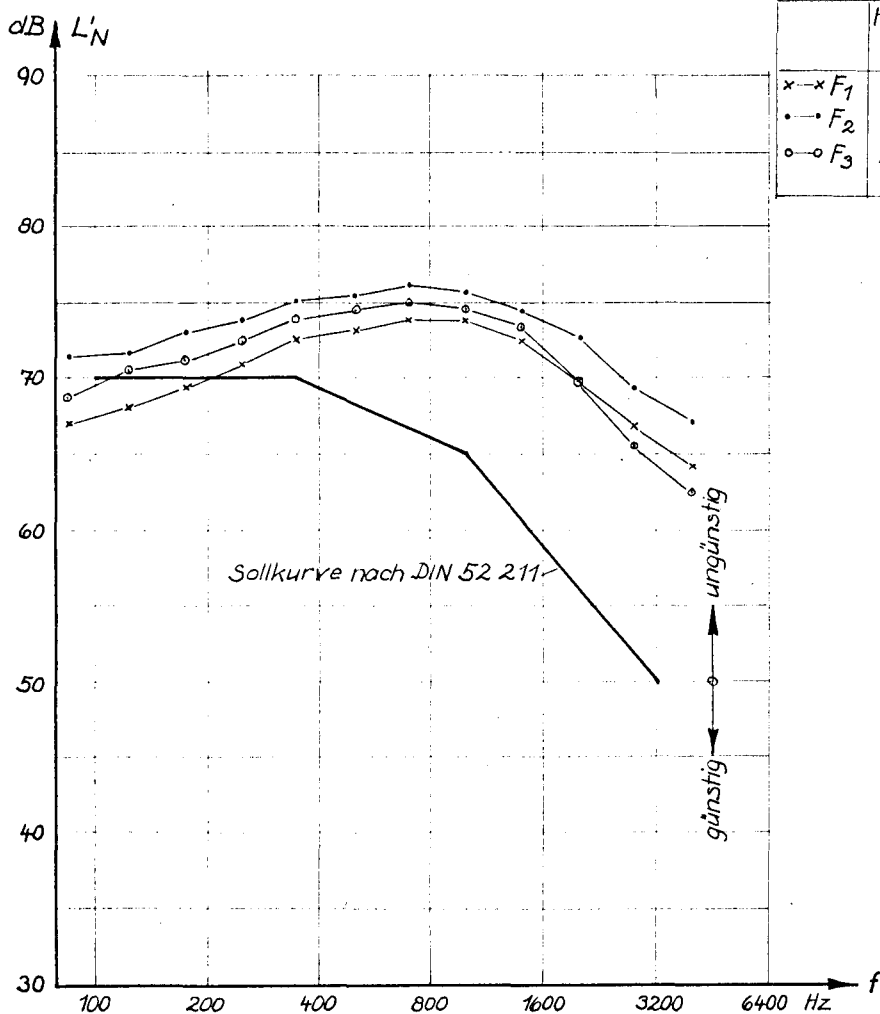
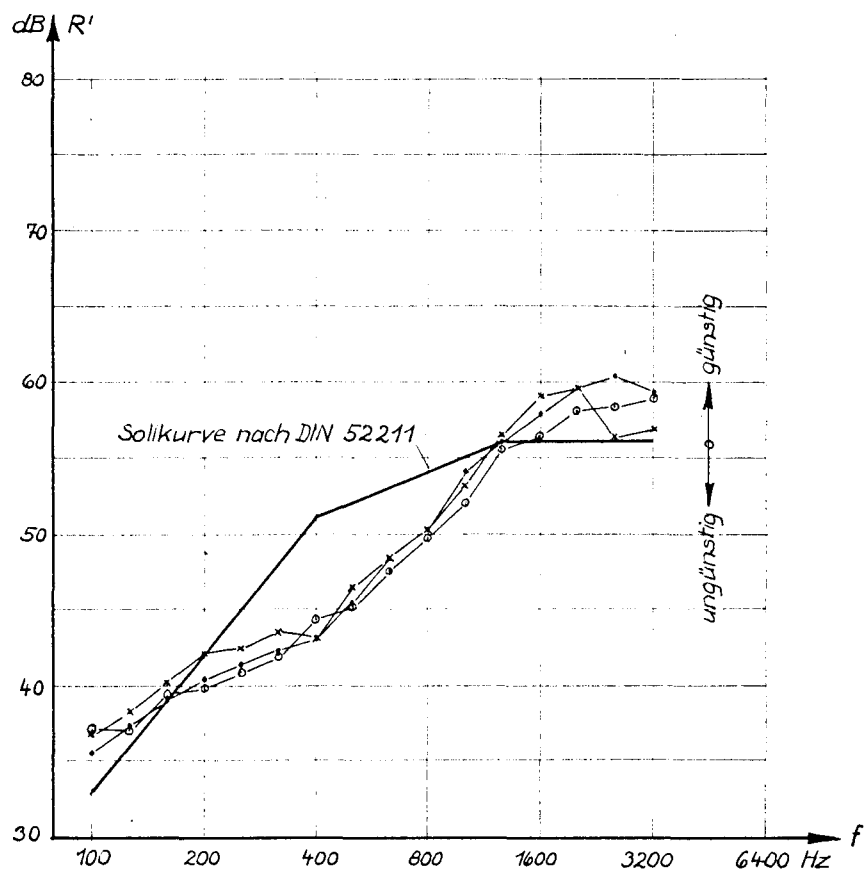
1 bis 15



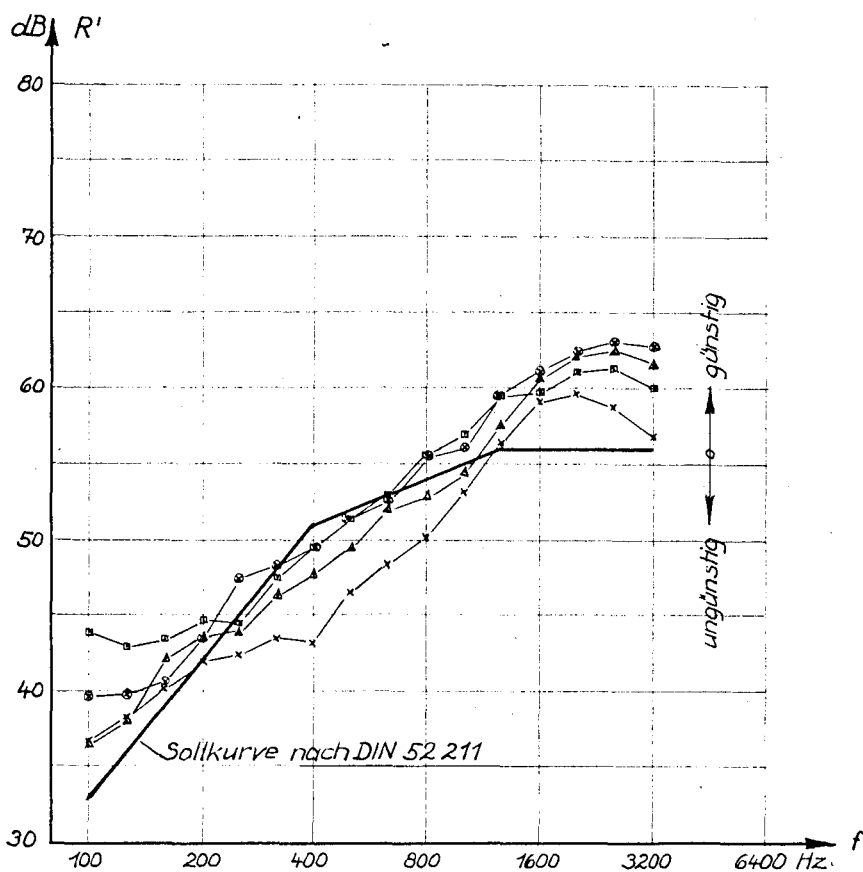
Häuser, in denen schalltechn. Untersuchungen durchgeführt wurden.







	Haus	Wohnungstrenn- u. Treppenhaus- wand	Mittelwand
x-x F_1	14	24 cm Ytong	24 cm Ytong
•• F_2	6	24 cm Gitterziegel	17,5 cm Gitterziegel
o-o F_3	24	14 cm Schwerbeton + 2 x 5 cm Ytong	14 cm Schwerbeton + 2 x 5 cm Ytong

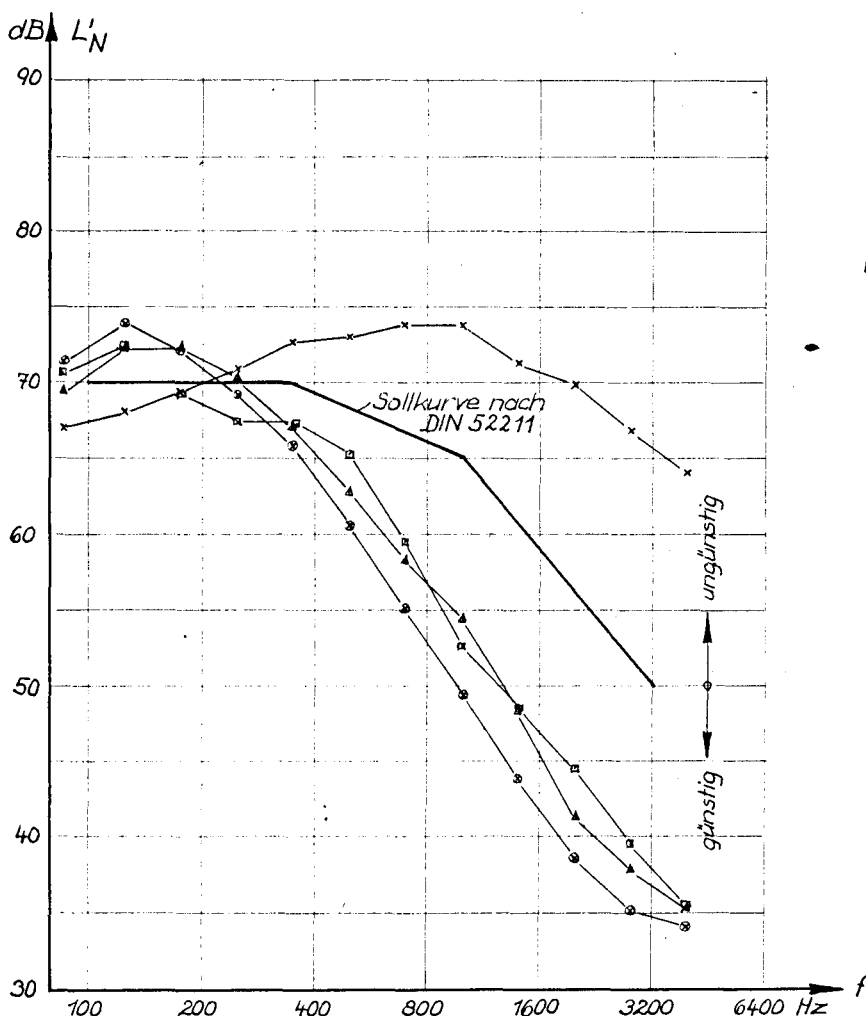


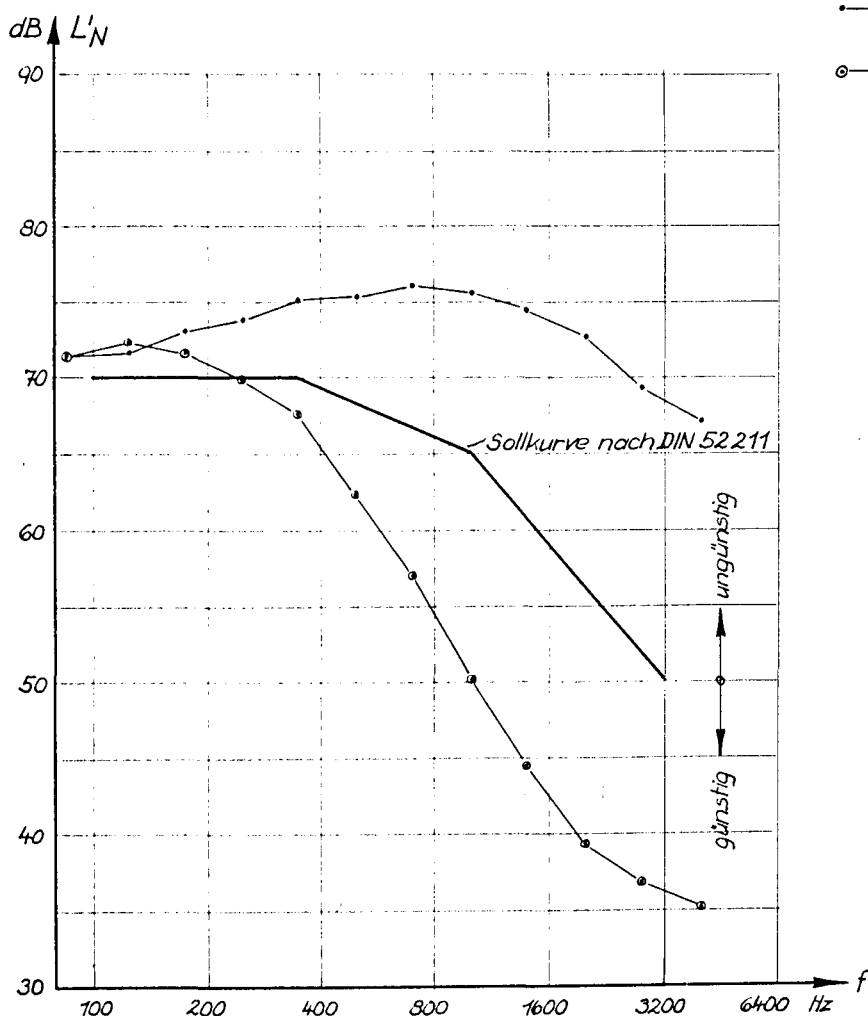
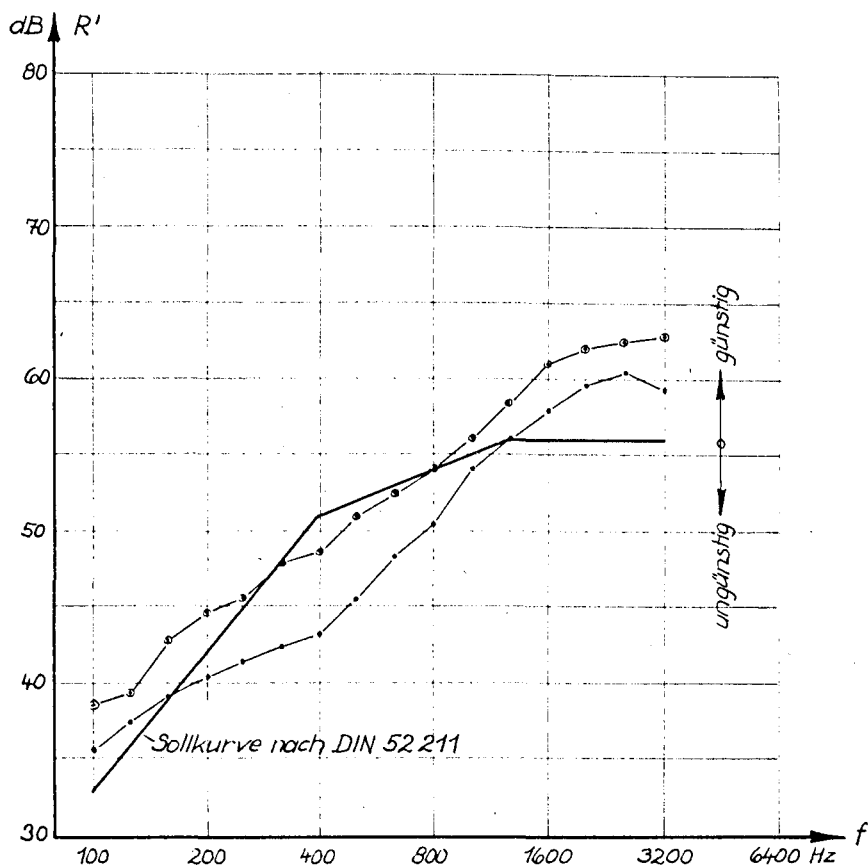
$\times \times F_1$: 14 cm Stahlbetonplatte, verputzt (Rohdecke)

$\triangle \triangle G_1$: Rohdecke + Holzfußboden. Lagerhölzer auf 6 mm Mineralwolleplatten. Hohlraum: 2,5 kg/m² Mineralwollematten

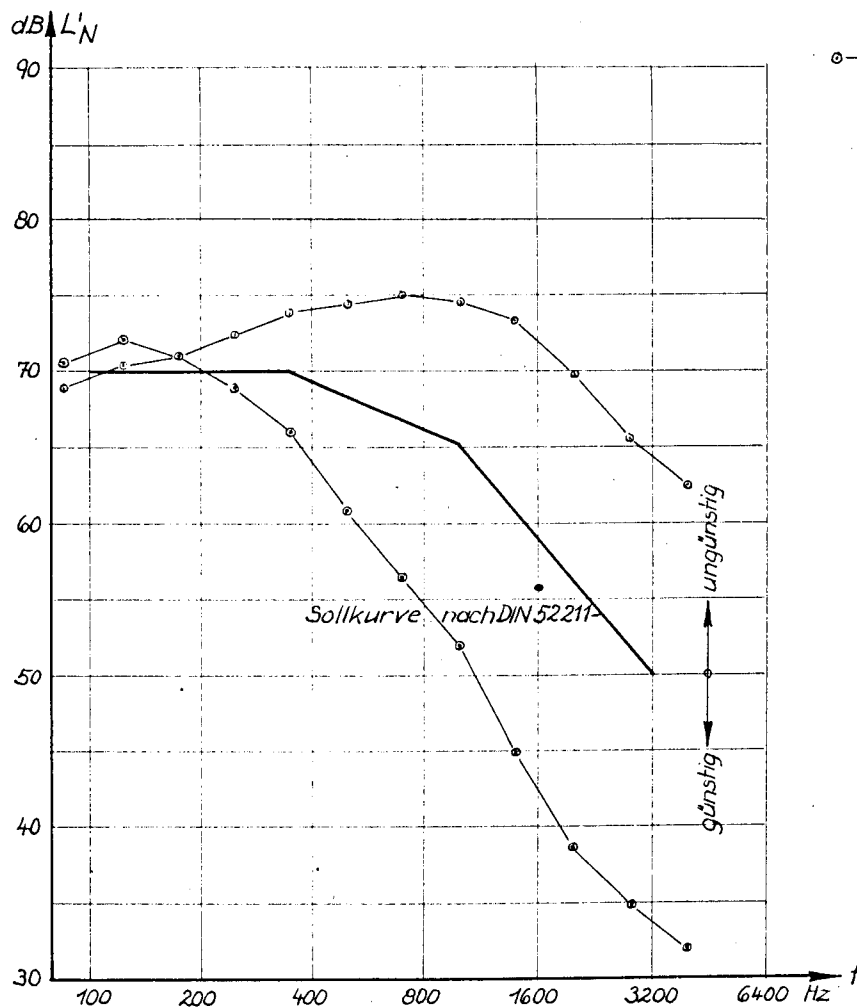
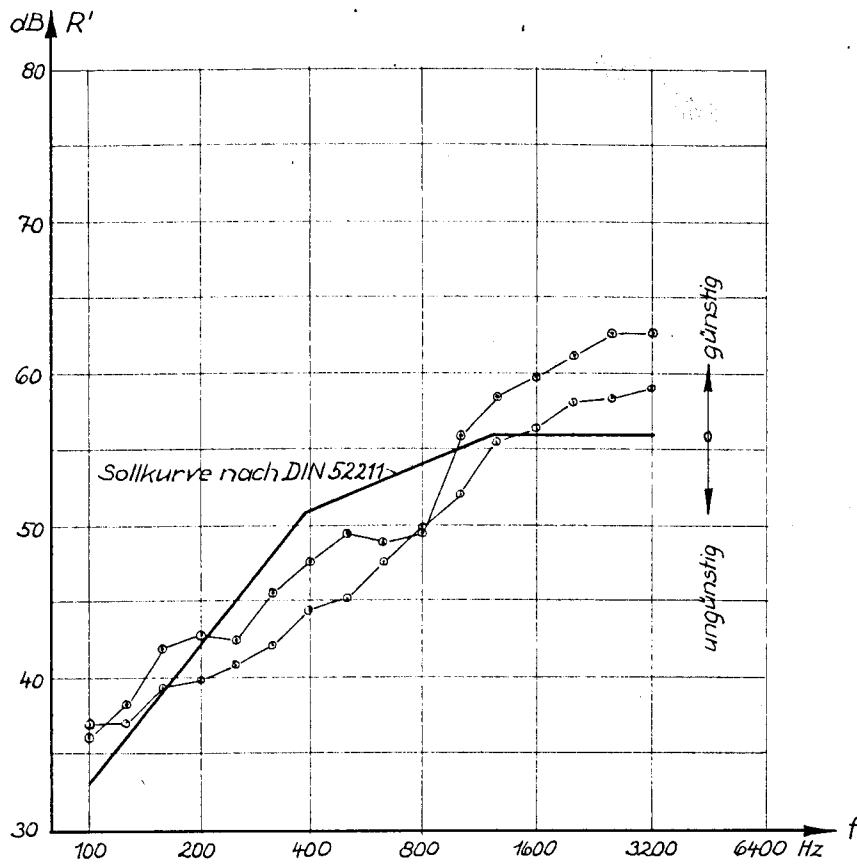
$\circ \circ H_1$: Rohdecke + Holzfußboden. Lagerhölzer auf 6 mm Mineralwolleplatten. Hohlraum: Koksasche

$\square \square J_1$: Rohdecke + 5 mm Gips-Glattstrich, 40 mm Gips-estrich, 35 mm Sand, 15 mm Glaswollematten

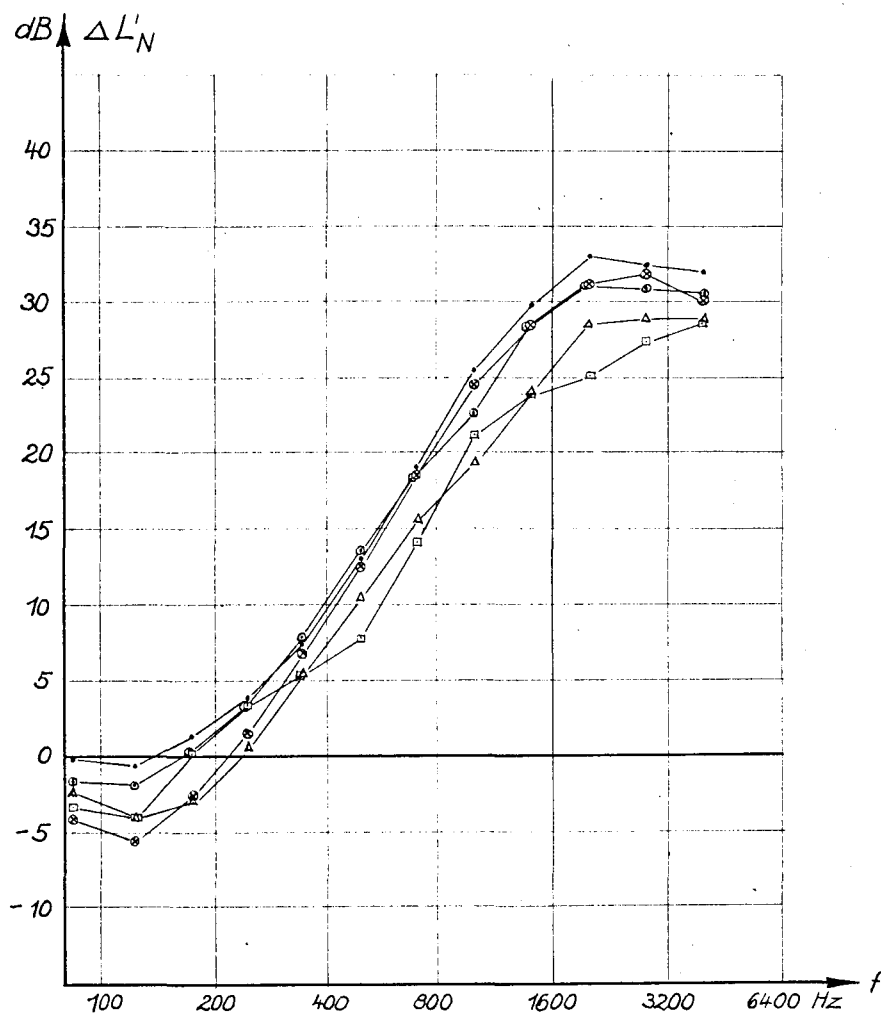




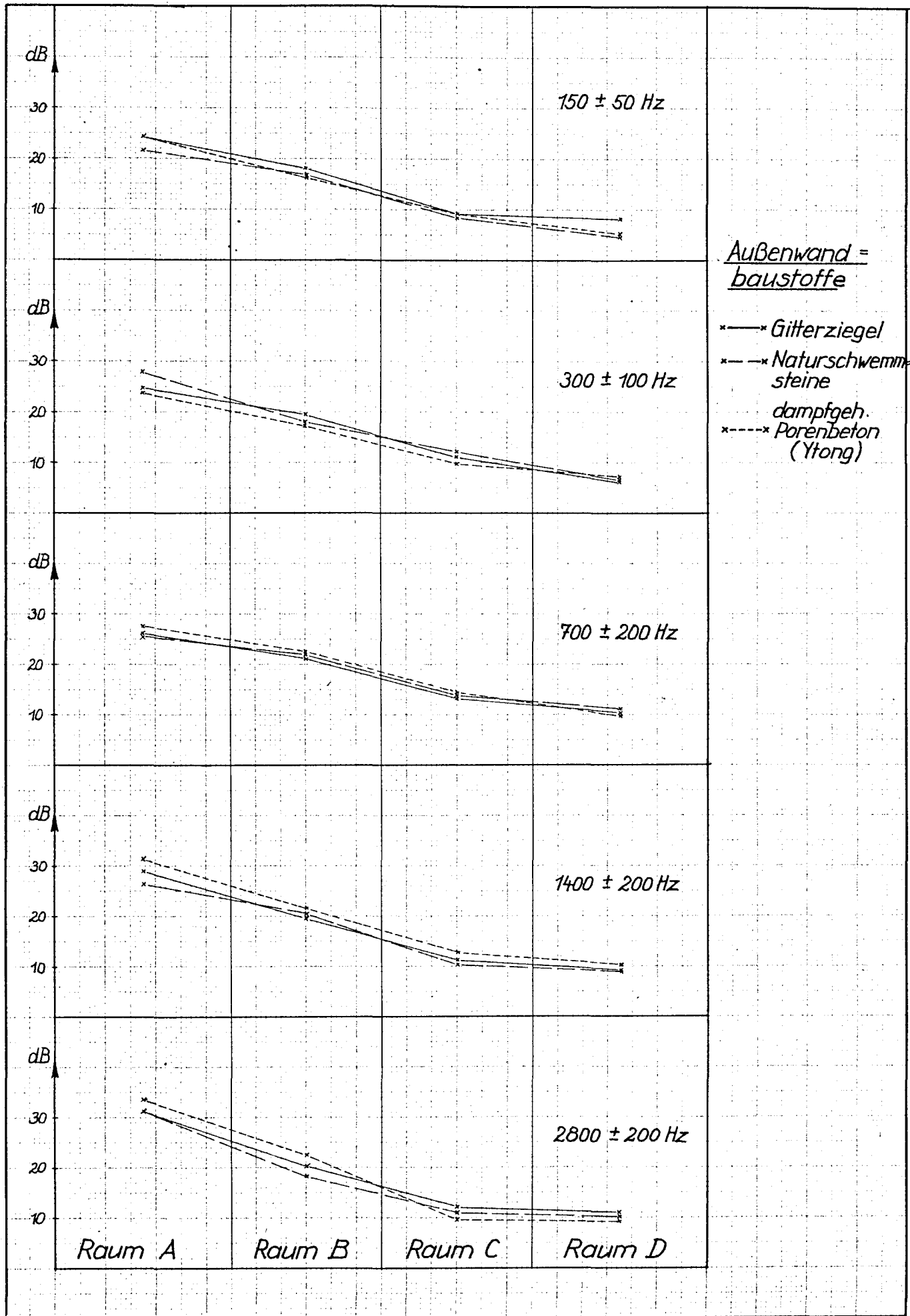
- F_2 : 14 cm Stahlbetonplatte, verputzt (Rohdecke)
- H_2 : Rohdecke + Holzfußboden. Lagerhölzer auf 6 mm Mineralwolleplatten
Hohlraum: Koksasche



- F_3 : 14 cm Stahlbetonplatte, verputzt (Rohdecke)
- G_3 : Rohdecke + Holzfußboden, Lagerhölzer auf 6 mm Mineralwolleplatten, Hohlraum: 2,5 kg/m² Mineralwolleplatte



Rohdecke			
△—△ G_1	F_1	} Holzfußboden, Lagerhölzer auf 6 mm Mineralwolle- platten	} Hohlraum: 2,5 kg/m ² Mineralwolleplatte
○—○ G_3	F_1		
⊗—⊗ H_1	F_1		
•—• H_2	F_2	} 5 mm Gips-Glattstrich, 40 mm Gipsestrich, 35 mm Sand, 15 mm Glaswolleplatte	} Hohlraum: Koksasche
□—□ J_1	F_1		



Außenwand =
baustoffe

- *—* Gitterziegel
- *- - * Naturschwemmsteine
- *...* dampfgeh. Porenbeton (Ytong)

Köln-Höhenberg

Vergleich des Körperschallpegels
an einer Stahlbetonplatte bei
verschiedenen Wandbaustoffen

Abb. 10

